

Tabla de Contenido

0.1. Unidades de medidas	v
1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivo	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Alcances	3
2. Marco teórico	4
2.1. Caracterización y usos de la leña en Chile	4
2.2. Demanda térmica residencial	7
2.2.1. Transferencia de calor por la envolvente	9
2.2.2. Renovaciones de aire	12
2.2.3. Ganancias solares	12
2.2.4. Ganancias internas	12
2.2.5. Demanda térmica	12
2.2.6. Consumo de energía	14
2.2.7. Estimaciones de demanda y consumo de energía térmica	15
2.2.8. Reglamentación de aislación térmica en Chile	16
2.3. Bombas de calor	18
2.3.1. Clasificaciones de bombas de calor	18
2.3.2. Principales usos y funcionamiento	20
2.3.3. Coeficiente de rendimiento de la bomba de calor	22
2.4. Modelo CREST de predicción de demanda residencial	24
2.4.1. Modelo de demanda térmica-eléctrica	25
2.5. Sistemas eléctricos de potencia	30
2.5.1. Redes de distribución eléctrica	31
2.5.1.1. Características generales	31
2.5.1.2. Variables de análisis para la red de baja tensión	33
2.5.1.3. Comportamiento de las redes de distribución con carga	36
2.6. OpenDSS	39
3. Metodología y desarrollo	41
3.1. Etapa N.º 1: Recolección de datos de entrada para el modelo térmico CREST	43
3.1.1. Ubicación geográfica	43
3.1.2. Clima	44

3.1.3.	Tipologías de viviendas	44
3.2.	Etapa N.º 2: Modificación modelo CREST y desarrollo del modelo de la red de distribución eléctrica	46
3.2.1.	Modelo térmico de viviendas	46
3.2.2.	Modelo de temperatura y radiación solar	46
3.2.3.	Ajuste de control térmico en viviendas	51
3.2.4.	Validación de resultados del modelo CREST modificado	53
3.2.5.	Modelo de equipos eléctricos e iluminación	54
3.2.6.	Ganancias térmicas	57
3.2.6.1.	Ganancia solar	57
3.2.6.2.	Ganancia térmica por persona	57
3.2.6.3.	Ganancia térmica por consumo eléctrico	58
3.2.7.	Modelos de los equipos del sistema de calor	58
3.2.7.1.	Modelo de bomba de calor	61
3.2.7.2.	Modelo del calentador auxiliar	62
3.2.7.3.	Modelo del radiador	63
3.2.7.4.	Modelo del tanque térmico	64
3.2.8.	Diseño del sistema de calefacción y ACS	64
3.2.9.	Demanda térmica de calefacción y ACS	67
3.2.9.1.	Demanda térmica del sistema de calor N.º1	67
3.2.9.2.	Demanda térmica del sistema de calor N.º2	69
3.2.10.	Dimensionamiento del sistema de calefacción	69
3.2.10.1.	Dimensionamiento de la bomba de calor y el calentador auxiliar	70
3.2.10.2.	Dimensionamiento del radiador	71
3.2.11.	Modelo de la red de distribución de Osorno	72
3.3.	Etapa N.º 3: Impactos en la red de distribución - Metodología y métricas	73
3.3.1.	Identificación casos de estudio	74
3.3.2.	Métricas de análisis	75
3.3.3.	Selección de redes	76
3.3.4.	Asignación de perfiles de consumo eléctrico	76
3.3.5.	Metodología para la estimación de impactos en la red de distribución	77
3.3.6.	Representación gráfica de las métricas de análisis	77
4.	Análisis y resultados globales	79
4.1.	Demanda térmica de las viviendas	79
4.1.1.	Demanda térmica de calefacción	79
4.2.	Consumo eléctrico de las viviendas	84
4.2.1.	Consumo eléctrico del sistema de calefacción y ACS	84
4.2.2.	Efectos agregados de la electrificación del calor	92
5.	Impactos en el sistema de distribución	99
5.1.	Resultados redes individuales	99
5.2.	Resultado general de las redes	104
5.2.1.	Resultados del porcentaje de redes afectadas	104
5.2.2.	Resultados globales del total de redes	107
5.3.	Caso de sensibilidad	116
5.3.1.	Resultados del porcentaje de redes afectadas	116

5.3.2. Resultados globales del total de redes	118
5.4. Análisis comparativo de los casos de estudio	123
6. Conclusiones y trabajos futuros	126
6.1. Conclusiones	126
6.2. Trabajos futuros	128
Bibliografía	129
ANEXOS	134
Anexo A. Estudios de consumo energético	135
A.1. Caracterización y uso de la leña en Chile	135
Anexo B. Parámetros de los modelos térmicos de las viviendas	136
B.1. Tipología de viviendas de la ciudad de Osorno	136
B.A.1. Parámetros térmicos de los elementos constructivos para las viviendas tipo de Osorno	140
B.2. Parámetros de entrada del modelo CREST	143
B.B.1. Consumo eléctrico residencial	145
Anexo C. Modelos equipos del sistema de calefacción y ACS	148
C.1. Modelo bomba de calor	148
C.2. Modelo del calentador auxiliar	149
C.3. Modelo del radiador	150
Anexo D. Códigos de programación de la herramienta CREST	152
D.1. Modelo de temperatura y radiación solar	152
D.2. Modelo ganancia térmica	156
D.3. Modelo de funcionamiento de las máquinas de calor	156
Anexo E. Modelos demanda térmica y evolución de temperatura	159
Anexo F. Flujos de potencia	164
F.1. Códigos de programación Python	164
F.2. Redes individuales	173